

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой  
плотности энергии (ПИШ)

---

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ПИШ

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов  
Подпись

«04» июля 2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФТД.4 Нанокристаллические материалы и нанотехнологии**  
**в энергетическом машиностроении**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность: «Материалы для высокотемпературных ядерных реакторов»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2023

Выпускающая кафедра МТМиТОМ

Кафедра-разработчик МТМиТОМ

Объем дисциплины 216/6  
часов/з.е

Промежуточная аттестация Экзамен

Разработчик (и): Рябов Дмитрий Александрович

г. Нижний Новгород, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++)

по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 24.04.2018г. № 306,

на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 25.05.2023 г. № 22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов» протокол от 27.06.2023 г. № 6

Зав. кафедрой            д.т.н., профессор, А.А. Хлыбов            \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института физико-технических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

Протокол от 04.07.2023 г. № 11

Директор ИФХТиМ            \_\_\_\_\_ Мацулевич Ж.В.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный №    22.04.01-ф-5

Начальник МО            \_\_\_\_\_ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ            \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) .....	4
4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.....	6
5. Структура и содержание дисциплины.....	8
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	12
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	17
8. Информационное обеспечение дисциплины .....	18
9. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	19
10. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	20
11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	20
12.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	22

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Цель освоения дисциплины:

Целью изучения дисциплины является изучение структуры, свойств и методов получения нанокристаллических материалов.

### Задачи освоения дисциплины (модуля):

- знание основных методов получения объемных и порошковых нанокристаллических материалов и областей их применения в промышленности;
- владение научными основами изучения физико-механических свойств нанокристаллических материалов и факторов, влияющих на структуры и свойства этих материалов;
- знание особенностей структур нанокристаллических материалов;
- выполнения работ по проекту в соответствии с требованиями по качеству нового продукта.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина ФТД.4 «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении» включена в перечень факультативных дисциплин и реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПВО и УП по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Физика, Общая химия, Теория строения материалов, Методы структурного анализа.

Дисциплина «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении» является основополагающей для выполнения выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенций по дисциплинам  
(очная форма обучения)

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины			
	1	2	3	4
<b>ПК-3</b>				
Современные порошковые материалы и композиты	*			
Современные аддитивные производства			*	
Неметаллические материалы			*	
Ядерные топливные материалы			*	
Перспективные технологии нанесения покрытий и поверхностной обработки материалов и изделий		*	*	
Упрочняющая обработка поверхностных слоев материалов и изделий		*	*	
Материаловедение		*	*	
<b>Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении</b>		*		
Научно-исследовательская работа	*	*		*
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалифика-				*

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины			
ционной работы				
<b>ПК-4</b>				
Физическое материаловедение		*		
Радиационная повреждаемость материалов		*		
Конструкционные материалы ядерных реакторов	*			
Неметаллические материалы			*	
Ядерные топливные материалы			*	
Материаловедение		*	*	
Технология высокоэнергетических методов обработки материа- лов		*		
<b>Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энерге- тическом машиностроении</b>		*		
Научно-исследовательская работа				*
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалифика- ционной работы				*

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
Освоение дисциплины причастно к ТФ D/01.7 (ПС 40.011«Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»),						
<b>ПК-3</b>  Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные ис-	<b>ИПК-3.1.</b> Пользуется знаниями о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации <b>ИПК-3.2.</b> Применяет знания о методах исследования, анализа и диагностики в исследованиях и сопряженных расчетах в области материаловедения и технологии материалов <b>ИПК-3.3.</b> Проводит комплексные исследования материалов с применением стандартных и сертификационных испытаний	<b>Знать:</b> о физических и химических процессах, протекающих в наноматериалах при их получении, обработке и модификации	<b>Уметь:</b> применять знания о методах исследования, анализа и диагностики в исследованиях и сопряженных расчетах в области изучения наноматериалов	<b>Владеть:</b> методикой проведения комплексных исследований наноструктурных материалов с применением стандартных и сертификационных испытаний	Рефераты, индивидуальные практические работы	Вопросы для устного собеседования

пытания						
<p><b>ПК-4</b></p> <p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействие с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением</p>	<p><b>ИПК-4.1</b> Использует современные представления о влиянии структуры материалов на их свойства</p> <p><b>ИПК-4.2</b> Использует знания о взаимодействии материалов с полями, высокоэнергетическими частицами и излучением</p> <p><b>ИПК-4.3</b> Составляет технологию получения материалов с учетом структуры, а также возможностей модификации поверхности для получения требуемых свойств</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>методы получения ядерных топливных материалов; физико-механические свойства ядерных топливных материалов; методы исследования ядерных топливных материалов</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <p>пользоваться современным оборудованием для исследования ядерных топливных материалов; разрабатывать основные технологические процессы получения ядерных топливных материалов</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <p>общей информацией в области основных проблем получения, изучения свойств и применения ядерных топливных материалов</p>		

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. 216 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам 2 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>1.2. Внеаудиторная работа, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточной аттестации (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>140</b>	<b>140</b>
реферат/эссе (подготовка)	30	30
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	110	110
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>



## 5.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической под- готовки (трудоемкость в ча- сах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
2 семестр								
ПК-3, ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3  ПК-4, ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 1 Получение нанокристаллических материалов методами интенсивной пластической деформации и формирование нано-структур							
	Тема 1.1 Механические схемы и ре- жимы интенсивной пластической де- формации для получения нанострук- турных материалов	2	-	2	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]	Реферат, индивиду- альные практические задачи по разделам курса	
	Тема 1.2 Деформация кручением под высоким давлением. Деформация рав- ноканальным угловым (РКУ) пресси- рованием. Метод всестороннейковки. Формирование наноструктур при ин- тенсивной пластической деформации.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]	Реферат, индивиду- альные практические задачи по разделам курса	
	Тема 1.3 Виды наноструктур в мате- риалах, подвергнутых интенсивным деформациям. Эволюция микрострук- тур при интенсивных деформациях. Исследование атомной структуры и разработка структурной модели нано- материалов.	1	-	1	5	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]	Реферат, индивиду- альные практические задачи по разделам курса	
	Работа по освоению 1 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	4	-	4	25			

<b>Раздел 2</b> Физико-механические свойства нанокристаллических материалов.							
<b>Тема 2.1</b> Физико-механические свойства нанокристаллических материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации.	2	-	2	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
<b>Тема 2.2</b> Магнитные свойства. Электрические свойства. Диффузионные свойства. Упругие свойства.	1	-	1	5	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
<b>Тема 2.3</b> Механические свойства. Механические свойства при повышенных температурах. Сверхпластичность нанокристаллических материалов.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
<b>Работа по освоению 2 раздела:</b>							
<b>реферат, эссе (тема)</b>							
<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>							
<b>контрольная работа</b>							
<b>Итого по 2 разделу</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>25</b>			
<b>Раздел 3</b> Границы зерен как особый элемент структуры нанокристаллических материалов.							
<b>Тема 3.1</b> Зеренная структура. Плотность дислокаций. Границы зерен. Электронная и атомная структура. Структура и энергия равновесных границ зерен. Экспериментальные данные о свободной энергии и энтропии границ.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
<b>Тема 3.2</b> Модель структуры, энергии и энтропии границ зерен. Основные предположения. Температурная зависимость энергии границы зерна. Энтальпия и энтропия границы. Основные положения теории неравновесных границ зерен. Структура и диффузионная проницаемость неравновесных границ зерен.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
<b>Тема 3.3</b> Модель неравновесных границ зерен. Энергия, энтропия, диффузия в неравновесных границах. Влия-	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1];	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам	

	ние избыточного свободного объема на энергию границ и коэффициент зернограничной самодиффузии.					[7.3.2]	курса	
	<b>Работа по освоению 3 раздела:</b>							
	<b>реферат, эссе (тема)</b>							
	<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>							
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>30</b>			
	<b>Раздел 4</b> Нанокристаллические порошковые материалы.							
	<b>Тема 4.1</b> Методы синтеза нанокристаллических порошков.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]; [7.3.2]	Индивидуальные практические задачи по разделам курса	
	<b>Тема 4.2</b> Физические свойства нанопорошков.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
	<b>Работа по освоению 4 раздела:</b>							
	<b>реферат, эссе (тема)</b>							
	<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>							
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 4 разделу</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>20</b>			
	<b>Раздел 5</b> Микроструктура и свойства компактных нанокристаллических материалов и перспективы их практического применения.							
	<b>Тема 5.1</b> Механические свойства компактных наноматериалов	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.3]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
	<b>Тема 5.2</b> Теплофизические, электрические и магнитные свойства компактных наноматериалов	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	
	<b>Тема 5.3</b> Перспективные направления применения нанокристаллических титановых и алюминиевых сплавов.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.1]; [7.1.2]; [7.1.3]; [7.2.1]; [7.2.2]; [7.3.1]; [7.3.2]		
	<b>Тема 5.4</b> Нанокристаллические материалы с эффектом памяти формы. Наноструктурные тугоплавкие материалы.	1	-	1	10	Подготовка к ЛЗ и ПЗ [7.1.3]; [7.2.1]; [7.3.1]; [7.3.2]	Реферат, индивидуальные практические задачи по разделам курса	

	Работа по освоению 5 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	4	-	4	40			
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	17	-	17	140			
	<b>ИТОГО по дисциплине</b> (в том числе не менее 20% с использованием интерактивных образовательных технологий)	17	-	17	140			

## **6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Текущий контроль осуществляется для всех форм текущего контроля учебного процесса:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- решение индивидуальных практических заданий;
- защита реферата.

Типовые задания для текущего контроля усвоения знаний, умений и навыков представлены в оценочных материалах по дисциплине «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении», которые хранятся на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов».

#### **1) Примерный перечень тем для рефератов:**

1. Структура и диффузионная проницаемость неравновесных границ зерен;
2. Физические свойства нанокристаллических материалов;
3. Перспективные направления применения нанокристаллических материалов;
4. Наноструктурные тугоплавкие материалы;
5. Модели неравновесных границ зерен.

#### **2) Примерный перечень индивидуальных заданий к практическим работам:**

По разделу 1: рассмотреть механические схемы и режимы интенсивной пластической деформации для получения наноструктурных материалов;

По разделу 2: рассмотреть магнитные и электрические свойства нанокристаллических материалов;

По разделу 3: сформулировать основные предположения для построения модели неравновесных границ зерен;

По разделу 4: рассмотреть физические свойства нанопорошков;

По разделу 5: рассмотреть теплофизические, электрические и магнитные свойства компактных наноматериалов

#### **3) Вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

1. Нанокристаллические материалы – определение, общие характеристики. Предмет изучения и основные задачи.
2. Основные методы изучения нанокристаллических материалов.
3. Основные требования, предъявляемые к методам интенсивной пластической деформации. Основные методы интенсивной пластической деформации.
4. Нанопорошки. Классификация методов и технологий их получения.
5. Основные физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов,
6. Сформулируйте основные предположения для построения модели неравновесных границ зерен.
7. Островковая модель неравновесных границ зерен.
8. Основные области применения нанокристаллических материалов.
9. Перечислить и описать основные дефекты при получении объемных нанокристаллических материалов.
10. Перечислите методы получения нанопорошков.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5 Шкала оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценке выполнения практических работ

<b>Шкала оценивания (баллы полученные в ходе тестирования)</b>	<b>Экзамен</b>
$96 < R \leq 100$	Отлично
$81 < R \leq 95$	Хорошо
$70 < R \leq 80$	Удовлетворительно
$0 < R \leq 70$	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-70% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 71-80% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 81-95% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 96-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ПК-3.</b> Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	ИПК-3.1. Пользуется знаниями о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.	Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами. Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой	Способен логично мыслить, системно выстраивает изложение материала, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем. Не может ответить на все дополнительные вопросы.	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Правильно отвечает на все дополнительные вопросы.
	ИПК-3.2. Применяет знания о методах исследования, анализа и диагностики в исследовании и сопряженных расчетах в области материаловедения и технологии материалов  ИПК-3.3. Проводит комплексные исследования материалов с применением стандартных и сертификационных испытаний				
<b>ПК-4.</b> Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их	ИПК-4.1 Использует современные представления о влиянии структуры материалов на их свойства	Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.	Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической по-	Способен логично мыслить, системно выстраивает изложение материала, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные
	ИПК-4.2 Использует				

взаимодействие с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением	<p>знания о взаимодействии материалов с полями, высокоэнергетическими частицами и излучением</p> <p>ИПК-4.3 Составляет технологию получения материалов с учетом структуры, а также возможностей модификации поверхности для получения требуемых свойств</p>	Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.	<p>следовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами</p> <p>Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой</p>	<p>теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем. Не может ответить на все дополнительные вопросы.</p>	<p>ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Правильно отвечает на все дополнительные вопросы.</p>
--	---	---	--	--	--



<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично) – «зачет»	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо) – «зачет»	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) – «зачет»	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) – «незачет»	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Учебно-методическое обеспечение дисциплины реализуется в рамках функционирующей в вузе электронной информационно-образовательной среды. В дополнение к этому в образовательном процессе используется библиотечный фонд печатных изданий.

7.1.1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии., М.:Физматлит, 2009, с. 182.

7.1.2. Григорьев С.Н. Технологии нанообработки, Старый Оскол:ООО «ТНТ», 2010, с.325.

7.1.3. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы, М.: Физматлит, 2010, с.162.,.

### **7.2. Справочно-библиографическая литература**

7.2.1. В.Н. Чувильдеев, А.В. Нохрин и др. Физико-механические свойства нано- и микрокристаллических металлов и сплавов, полученных методами интенсивного пластического деформирования. Учебное пособие / Под общей ред. В.Н.Чувильдеева, Нижний новгород: Изд. ННГУ, 2007, 81 с.

7.2.2. В.Н. Чувильдеев, О.Э. Пирожникова, М.Ю. Грязнов и др. Нано-и микрокристаллические материалы, полученные методами интенсивного пластического деформирования. Структура, свойства, применение.

### **7.3.Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

7.3.1. Технологии получения и свойства нанокристаллических порошков. / Методические указания к практическим работам для студентов направления подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» очной формы обучения / НГТУ; Сост.: Е.Е. Русин - Н.Новгород: НГТУ, 2015. 7 с.

7.3.2. Нанокристаллические материалы. Методические указания к практическим работам для студентов направления подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» очной формы обучения / НГТУ; Сост.: Е.Е. Русин - Н.Новгород: НГТУ, 2015.7с.

#### 7.4 Перечень журналов по профилю дисциплины:

- 7.4.1 «Металловедение и термическая обработка металлов» Сайт — <http://mitom.folium.ru/index.php/mitom>
- 7.4.2. «Инженерное образование». Сайт — <http://www.ac-raee.ru/ru/magazin.htm>
- 7.4.3. Вестник машиностроения. Сайт — [https://www.mashin.ru/eshop/journals/vestnik\\_mashinostroeniya/](https://www.mashin.ru/eshop/journals/vestnik_mashinostroeniya/)
- 7.4.4. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». Сайт - <http://ptsm.donntu.org/>
- 7.4.5. Научный журнал «Молодой ученый». Сайт — [moluch.ru](http://moluch.ru).
- 7.4.6. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Сайт — <https://cyberleninka.ru>

### 8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

#### 8.1 Перечень информационных справочных систем

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Федеральный портал. Российское образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru/> – Загл. с экрана.
8. Российский образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/default.asp> – Загл. с экрана.
9. «Инжиниринг» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.enginrussia.ru> – Загл. с экрана.
10. Университетские сети знаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unicor.ru> – Загл. с экрана.
11. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.techno.edu.ru> – Загл. с экрана.
12. Портал для студентов для поиска информации по изучаемым дисциплинам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com> – Загл. с экрана.
13. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru) – Загл. с экрана.
14. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.bestmetallurg.narod.ru](http://www.bestmetallurg.narod.ru) – Загл. с экрана.

Таблица 7. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

## 8.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 8. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	OpenOffice (FreeWare) <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>

## 8.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
4	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## 9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

#### 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 11 перечислены:

— учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

— помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 11 – Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>1153</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «МТМиТОМ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Мультимедийный проектор (BenQ); 4. Переносной ноутбук 5. Рабочее место преподавателя 6. Рабочее место студента - 12 чел.	Microsoft Windows 10 P7 office( C/н 5260001439) Dr.Web (с/н GMN9- DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) Adobe Acrobat Reader DC-Russian

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
2	<p><b>1361</b></p> <p>Экспериментальная лаборатория жаропрочных материалов и композитов (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «МТМиТОМ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Мина, дом 24, корп. 1</p>	<p>(1) Учебная аудитория Рабочее место студента – 12 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Проектор ACER projector X118HP, Китай; Проекционный экран Lumien ECO Picture LEP -100105, Китай; Переносной ноутбук</p> <p>(2) Мультимедийный класс Рабочее место студента – 14 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Персональный компьютер, 14 шт. Телевизор Philips 55PUS8057/60, Китай, 2 шт.;</p> <p>(3) Лаборатория жаропрочных материалов и композитов Рабочее место студента – 5 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Дефектоскоп УСД-60ФР; Твердомер комбинированный МЕТ-УД; Энергодисперсионный спектрометр EDS; Вытяжной шкаф; Осциллограф; Пикнометр; Шлифовально-полировальный станок двухдисковый;</p> <p>(4) Лаборатория электронной микроскопии Рабочее место студента – 3 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Моторизованный прямой оптический микроскоп (50-1000х) с управляющей вычислительной станцией; Прямой оптический микроскоп (50-500х);</p> <p>(5) Лаборатория рентгенографии Рабочее место студента – 3 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Дифрактометр рентгеновский общего назначения Дрон 2; Дифрактометр рентгеновский общего назначения Дрон 3.</p>	<p>Microsoft Windows 10 P7 office( C/н 5260001439) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) Adobe Acrobat Reader DC-Russian.</p> <p>Интерактивный комплекс «Виртуальное материаловедение»: Thixomet PRO; COMSOL Multiphysics SIAMS 800</p>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- интерактивные технологии;
- дискуссии;
- разбор конкретных ситуаций.

### **11.2 Методические указания для занятий лекционного типа**

При преподавании дисциплины «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях реализуются интерактивные технологии, ведется конспектирование учебного материала, который раскрывает базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **11.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа.**

На практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

### **11.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине.

плине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 7.

## **ЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**12.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**  
Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- защита реферата;
- решение индивидуальных практических заданий.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК3: ИПК-3.1-ИПК-3.2, ПК-3.3):**

1. Нанокристаллические материалы – определение, общие характеристики. Предмет изучения и основные задачи.
2. Основные методы изучения нанокристаллических материалов.
3. Основные требования, предъявляемые к методам интенсивной пластической деформации. Основные методы интенсивной пластической деформации.
4. Нанопорошки. Классификация методов и технологий их получения.
5. Основные физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов,

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК4: ИПК-4.1-ИПК-4.2, ПК-4.3):**

1. Сформулируйте основные предположения для построения модели неравновесных границ зерен.
2. Островковая модель неравновесных границ зерен.
3. Основные области применения нанокристаллических материалов.
4. Перечислить и описать основные дефекты при получении объемных нанокристаллических материалов.
5. Перечислите методы получения нанопорошков.

### **Пример оформления экзаменационного билета**

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева
Кафедра «Материаловедение, технология материалов и термическая обработка металлов»
Дисциплина: «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении»
Билет № 1
1. Нанопорошки. Классификация методов и технологий их получения. 2. Островковая модель неравновесных границ зерен.

Зав. каф. МТМ и ТОМ Хлыбов А.А.

Экзаменатор Рябов Д.А.

Весь комплект экзаменационных билетов по дисциплине «Нанокристаллические материалы и нанотехнологии в энергетическом машиностроении» хранится на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов» в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.